

# KME – Kompetenzzentrum Mittelstand GmbH

## Zukunft durch Innovation und Forschung

### Neudenken von Montagewerkzeugen – Das ExoTool

#### Kann eine jahrhundertealte Industrie mit Human-Centered Design revolutioniert werden?

##### Problemstellung

Arbeiter, die körperlich anstrengende Aufgaben wie Montage-, Reparatur- und Wartungsarbeiten in deutschen Industrien (wie z. B. Automobilindustrie, Luft- und Raumfahrt etc.) ausführen, arbeiten im Durchschnitt 6-9 Stunden pro Tag. Das birgt Risiken für die Gesundheit der Arbeitnehmer und untergräbt die Bemühungen der Arbeitgeber, ihre Mitarbeiter an das Unternehmen zu binden und ihre langfristige Produktivität zu steigern.

Das Basiswerkzeug, das ein durchschnittlicher Fabrikarbeiter benutzt, wurde seit Jahrzehnten nicht mehr neu überdacht. Das Aufkommen neuer Technologien wie tragbare Robotik, additive Fertigung und Künstliche Intelligenz eröffnet diesen traditionellen Werkzeugen neue Wege. Die Frage ist, ob diese Werkzeuge neu durchdacht werden können, um den Arbeitsaufwand der Arbeiter zu reduzieren, was wiederum die Produktivität der Arbeiter und des Unternehmens erhöhen würde, ohne eine industrielle Automatisierung einzuführen. Dadurch ergibt sich die Fragestellung, ob auch ohne die Einführung von Allzweckrobotern und speziellen Exoskeletten, die die Mobilität der Mitarbeiter einschränken würden, neue Werkzeuge entwickelt werden können, die effizienteres Arbeiten ermöglichen.

Tragbare Roboter ermöglichen es Arbeitern, gefährliche oder anstrengende Aufgaben zu erledigen, wie z. B. das Heben schwerer Objekte. Dadurch wird auch die Arbeitssicherheit gesteigert.

Zusätzlich zu den potenziellen Vorteilen für die Anwender würde der Einsatz solcher Geräte zur Stärkung der bayerischen Industrie beitragen. Gegenwärtig ist die Industrie bei der Entwicklung von Exoskeletten, die eine wachsende Rolle im Produktionssektor spielen, auf externe Hersteller und Forscher angewiesen. Die Größe des globalen Exoskelettmarkts wurde 2015 auf 25,4 Millionen Dollar (23,2 Millionen Euro) geschätzt und wird bis 2025 voraussichtlich um 58,4% wachsen (IE Automation, Robotics & AI, 09.02.2020). Die Marktforschungsfirma Wintergreen Research benennt den zivilen Markt für Exoskelette aktuell sogar mit rund 130 Millionen Dollar, „bis 2025 soll er stark anwachsen und mehr als fünf Milliarden Dollar erreichen“ (WELT, 20.03.2019).

##### Zielsetzung

Das Ziel des Projekts ist es, das sog. ExoTool, eine neuartige Einheit von Werkzeug, Werkzeugschnittstelle und Stützstruk-

tur, zu entwerfen, indem die Art und Weise analysiert wird, wie ein Arbeiter während eines normalen Arbeitstages mit verschiedenen Werkzeugen interagiert und diese nutzt. Das daraus resultierende ExoTool ist ein Gerät, das den Endbenutzer ergonomisch unterstützt, indem es Aspekte der tragbaren Robotik, des Exoskeletts und fortgeschrittene Sensorfunktionen kombiniert.

Das ExoTool wird mit Schnittstellen versehen, um es für das Internet-Of-Things (IoT) nutzbar zu machen. Damit können dem Arbeiter wichtige Produktionsdaten zur Verfügung gestellt werden, wie z. B. Produkttyp oder Aufenthaltsort. Möglich sind auch Warnungen und Hilfestellungen. Dadurch lässt sich der Durchsatz erhöhen und es wird eine höhere Produktivanz ermöglicht.

Industrielle Automatisierung, fortgeschrittene Robotik und das Aufkommen von Allzweckrobotern, kombiniert mit Künstlicher Intelligenz und additiven Fertigungstechnologien, werden den Arbeitsmarkt in großem Maße beeinflussen. Es handelt sich hier um eine Entwicklung, die nicht erst in der Zukunft, sondern bereits jetzt stattfindet. Es geht somit nicht um die negativen Aspekte der menschlichen Arbeit, sondern um positive Entwicklungsmöglichkeiten. Unter speziellen Umständen kann ein Experte wahrscheinlich ein spezielles Problem besser lösen als ein Automatismus. Es gibt noch keinen Computer, der besser funktioniert als das menschliche Gehirn. Wenn also ein Fabrikarbeiter mit zusätzlichen Informationen versorgt werden kann, wann immer es nötig ist, und wenn seine Arbeitsbelastung reduziert und wahrscheinlich seine Wahrnehmungsfähigkeiten erweitert werden können, dann könnte so auch die Geschwindigkeit reduziert werden, mit der die Automatisierung menschliche Arbeiter ersetzt.

Insgesamt würde durch die Ausstattung eines ExoTools mit den entsprechenden Schnittstellen nicht nur die Analyse und Dokumentation des Zustands der Werkzeuge ermöglicht werden, sondern generell die Integration weiterer revolutionärer Technologien.

##### Vorgehensweise

Der Ansatz zielt darauf ab, Werkzeuge mit tragbaren mechanischen Geräten zu verschmelzen. Hierbei wird auf ein fortschrittliches ergonomisches Design geachtet, das sich natürlich mit dem Körper bewegt und sich an verschiedene Körpertypen und -höhen anpasst.



1. Eine Familie von „Werkzeugspitzen“ für verschiedene Aufgaben soll mit einer Standard-Werkzeugschnittstelle verbunden werden können. Es handelt sich dabei um Adaptionen von Standardwerkzeugspitzen, die es in der Industrie bereits gibt.

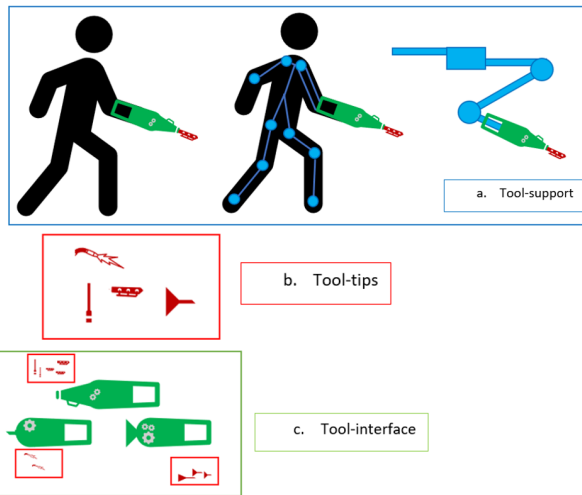


Abb. 1: Skizze eines tragbaren Roboterwerkzeugs mit modularen Schnittstellen und unterschiedlichen Montagemöglichkeiten

2. Es soll eine Werkzeugschnittstelle komplett neu entwickelt werden, die durch die Handhabung von Werkzeugen (wie z. B. Nietpresse, Bolzenschussgerät, Bohrmaschine etc.) erzeugte Endpunktbelastung gleichmäßiger auf den menschlichen Körper (eventuell den Unterarm) verteilt. Diese Schnittstelle würde die meisten lastverantwortlichen Komponenten wie Motor, Akku, Steuereinheit und Getriebe enthalten, die neu entwickelt werden, um eine gleichmäßigere Lastverteilung zu gewährleisten. Möglicherweise wird sie auch intelligente Verbesserungen wie Schwingungsisolierung und die Erkennung und Kompensation von durch Ermüdung bedingten Tremor bieten. Das könnte durch repräsentative haptische Rückmeldung statt absoluter Kraftrückmeldung aufgrund von Reaktionskräften während des Betriebs umgesetzt werden.

3. Im nächsten Schritt soll eine Werkzeughalterung entwickelt werden, die die Last auf effiziente Weise umverteilt. Dies kann eine freistehende Halterung am menschlichen Bediener sein, ein aktives oder passives Exoskelett, das die Lasten auf den Boden oder den Torso umleitet, oder einfach nur eine Stütze mit kontraktiven Elementen und/oder eine einfach montierte Stütze in der Nähe des Arbeitsbereichs, die die Werkzeugschnittstelle unterstützt.

Parallel zu den Entwicklungsarbeiten werden bereits veröffentlichte Richtlinien zum Einsatz von Exoskeletten und Werkzeugen analysiert und im gesamten Prozess berücksichtigt, wie z. B. die Fachinformation der DGUV, Abteilung Handel und Logistik (2018) "Use of exoskeletons in commercial work-places", oder die DIN EN ISO, 13482 (2014-11), "Robots and Robotic Equipment – Safety requirements for personal assistance robots".

## Ergebnisse / Nutzen

Bereits in der Konzeptionsphase fließen viele innovative Elemente in das Projekt ein. Die durchführenden Forschungsinstitute sind der Meinung, dass die gesamte Gestaltung beim Benutzer und nicht beim Verfahren beginnen sollte. In diesem Sinne wird ein Human-Centered-Design-Ansatz in Betracht gezogen, bei dem die Arbeiter während des Betriebs untersucht werden, um ihre Körperhaltung zu studieren, Belastungen und Ermüdung zu überwachen und Schmerzpunkte zu analysieren. Auch ein Design-Thinking-Ansatz wird in der Anfangsphase mit einbezogen, um die wirklichen Schwierigkeiten für die Benutzer bei der langfristigen Nutzung eines Werkzeugs zu untersuchen und zu verstehen.

Sobald ein Konzept für die mögliche Lösung erstellt ist, wird fortschrittliche Sensor- und Robotertechnologie in dieses neue Gerät integriert, um nicht nur die Nachteile eines traditionellen Werkzeugs zu beheben, sondern auch die verfügbaren Daten für den Benutzer zu erweitern. In dieser Phase wird der iterative Entwurf mit user-in-the-loop die Priorität sein, wobei kontinuierliche Tests zur Analyse des Benutzerkomforts durchgeführt werden. Es werden Prototypen unter Verwendung von additiver Fertigung gebaut, um die Testzyklen zu erhöhen und die Kosten für die Herstellung der Prototypen zu senken.

In der letzten Phase des Designprozesses werden IoT-basierte, datengetriebene Funktionen durch das Hinzufügen von Schnittstellenelementen integriert, die die notwendigen Schlüsseldaten für eine angeschlossene Fabrik liefern. Es wird erwartet, dass dies innerhalb der nächsten 10 Jahre zur Industrienorm in nordamerikanischen und europäischen Fabriken wird (Abb. 2).

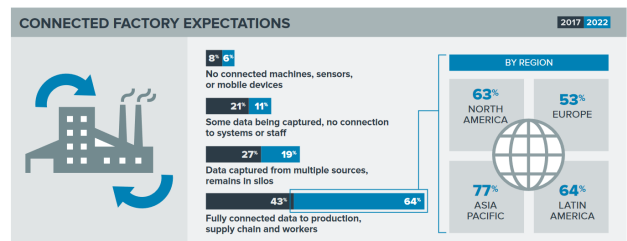
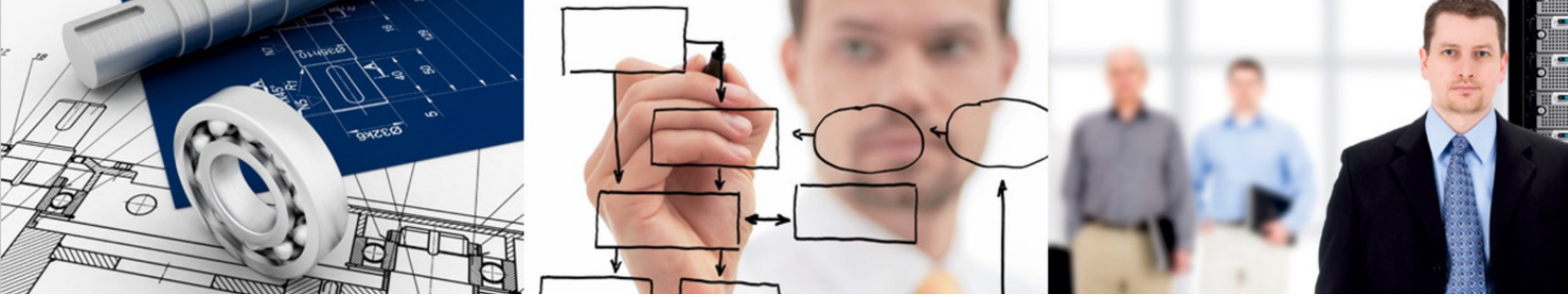


Abb. 2: Connected factories

Das gewünschte und erwartete Ergebnis dieses Projekts ist das neuartige ExoTool, eine Verbindung aus Werkzeugschnittstelle, einer Familie von Werkzeugspitzen und Stützstruktur. Es kann realisiert werden als körpermontierter Aufbau oder bodengestütztes Exoskelett. Das ExoTool wird die physische Anstrengung, die ein Fabrikarbeiter derzeit benötigt, um eine Standardaufgabe zu erledigen, reduzieren. Es hält Schnittstellen für die Darstellung produktionsrelevanter Daten vor, um den Arbeiter zu unterstützen und die Qualität und die Effizienz des Produktionsprozesses zu fördern. Damit kann das Tool auch als IoT-Gerät fungieren, sodass die Produktionsdaten besser genutzt werden können. Für das fertige Produkt wird ein TRL von 5-6 erwartet.



Das ExoTool reduziert physische Belastungen von Arbeitern und Arbeiterinnen und vereinfacht Arbeitsschritte erheblich. Im Gegensatz zur klassischen Automatisierung von Produktionsvorgängen unterstützt das ExoTool aber die Integration des Arbeiters als wesentlichen Bestandteil in den Produktionsprozess.

Mit dem Einsatz als IoT-Tool werden späte Anpassungen oder Konstruktionsänderungen über die gesamte Prozesskette hinweg ermöglicht. Dies erhöht die Flexibilität in der Produktion.

Das geplante Projekt fördert Know-how im Bereich von Exoskeletten und weitere Forschung und Entwicklung auf diesem schnell wachsenden Gebiet. Das wiederum kann bayerischen Unternehmen einen deutlichen Wettbewerbsvorteil verschaffen, bevor das Thema zum Mainstream wird. Dies dürfte innerhalb des nächsten Jahrzehnts der Fall sein.

#### **Forschungspartner**

Lehrstuhl für Produktentwicklung und Leichtbau  
Prof. Dr. Markus Zimmermann  
Technische Universität München

Lehrstuhl für Ergonomie  
Prof. Dr. Klaus Bengler  
Technische Universität München

#### **Projektpartner**

Biersack Technologie GmbH & Co. KG,  
DEHN SE + Co KG  
DEPRAG SCHULZ GMBH u. CO.  
STÖGER AUTOMATION GmbH, Königsdorf  
Süddeutsche Gelenkscheibenfabrik GmbH & Co. KG

Bei Interesse an dieser Projektidee nehmen Sie bitte Kontakt mit Herrn Dr. Liedl auf.